Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 19, No. 4, Oct.-Nov. 2023, p. 491-499

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، مهر - آبان ۱۴۰۲ ص. ۴۹۹-۴۹۱

Research Article
Homepage: https://ifstrj.um.ac.ir

The Mineral Content of Sesame Seed and Its Transition to Ardeh and Refined Sesame Oil

S. Kheirati Rounizi[1], F. Akrami Mohajeri[2], H. Moshtaghi Broujeni[3], S. Jambarsang[4], H. Kiani[5], E. Khalili Sadrabad[6*]

Received: 2022.04.25
Revised: 2022.07.19
Accepted: 2022.09.19
Available Online: 2022.09.19

How to cite this article:
Kheirati Rounizi, S., Akrami Mohajeri, F., Moshtaghi Broujeni, H., Jambarsang, S., Kiani, H., & Khalili Sadrabad, E. (2023). The mineral content of sesame seed and its transition to ardeh and refined sesame oil. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, *19*(4), 491-499. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ifstrj.2022.76047.1161

Background and objective

It was shown that contamination of agricultural pasturage with fertilizers, application of sewage and effluents in irrigation, use of pesticides and air pollution have led to the entrance of chemical contaminants, including metals, into plants. On the other hand, food processing is (handling, processing, transportation) considered as an important way of food contamination. Vegetable oils are essential in human dietary which is introduced as crucial sources of energy, fat soluble vitamins, and essential fatty acids. *Sesamum indicum* L., known as sesame seed, has been cultivated in Asian countries from ancient times as vegetable oil for cooking and seasoning ingredients. In recent years, the sesame oil has been considered due to its high antioxidant activities and nutritional properties. Due to the use of sesame seeds extracted oil in two form of ardeh oil and sesame oil, the amounts of mineral elements (phosphorus, potassium, iron, nickel, cobalt, manganese, calcium and magnesium) in sesame seeds and its extracted oils (ardeh oil and refined sesame oil) were investigated.

Materials and Methods

In order to determine the mineral concentration, refined sesame oil and ardeh oils were prepared from an imported sesame seed. In order to prepare the sesame oil, sesame seeds were put into a cold presser and the oil was extracted under low pressure. The Ardeh oil was prepared by adding water to sesame paste in the ratio of 2.2:10 and oil was separated by centrifugation. The sesame seeds and oil samples (refined sesame oil and ardeh oils) were digested by microwave digestion method in presence of 5 ml 65% nitric acid and 2 ml of hydrogen peroxide (H_2O_2). The digested samples were then filtered through 0.45 µm filter membrane. Then, the concentrations of phosphorus, potassium, iron, nickel, cobalt, manganese, calcium and magnesium in sesame seeds, ardeh oil and refined sesame oil were examined using Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectroscopy (ICP – OES).

Results

In the present study, the limit of detection (LOD) for each studied mineral elements were determined as nickel: 4 mg/kg, magnesium: 0.00066 mg/kg, manganese: 0.000134 mg/kg, phosphorus: 0.384 mg/kg, cobalt: 0.594 µg / kg, iron:

1, 2 and 6- M.Sc. Graduated, Associate Professor and Assistant Professor, Research Center for Food Hygiene and Safety, Department of Food Hygiene and Safety, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Khalili.elham@ssu.ac.ir)
3- Professor, Department of Food Hygiene and Quality control, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
4- Associate Professor, Center for Healthcare Data Modeling, Departments of Biostatistics and Epidemiology, School of PublicHealth, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran
5- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran
DOI: 10.22067/ifstrj.2022.76047.1161

0.000797 mg/kg, potassium: 0.00394 mg/kg, calcium 0.005 mg/kg. According to the results, the highest amounts of mineral elements were detected in sesame seeds. The achieved results showed that the method of sesame oil extraction can reduce the mineral elements in the final sesame oils. The amounts of mineral elements in sesame seeds were estimated as P > Ca > K > Mg > Fe > Mn > Co > Ni. The pattern of mineral elements in Ardeh oil was reported as P > Fe > K > Co > Mg > Ni > Mn > Ca. The reduction pattern was reported as P > K > Fe > Ni > Co > Mn > Ca > Mg in refined sesame oil. As can be seen the order of mineral elements was changed in two oil samples and sesame seed. It was shown that except for K and Ca, all mineral elements in ardeh oil were higher than refined sesame oil. As can be seen, the refining process was effectively reduced the metals in oil samples. On the other hand, high amount of mineral elements in sesame seed in comparison to extracted oils could be attributed to lack of processing methods which are present in oil production in both methods.

Conclusion

It should be considered that presence of different metals in vegetable oils could facilitate the oil deterioration and oxidization as well as oil shelf life reduction. Since the most of the sesame lots in Iran are imported, it is necessary to monitor the amount of mineral elements.

Keywords: Ardeh oil, Mineral elements, Sesame oil, Sesame seed

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 19, No. 3, Oct.-Nove. 2023, p. 491-499

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، مهر- آبان ۱۴۰۲ ص. ۴۹۹-۴۹۱

مقاله پژوهشی

بررسی میزان املاح معدنی در دانه کنجد و انتقال آن به روغن ارده و کنجد تصفیه

سمیه خیراتی رونیزی[۱]- فاطمه اکرمی مهاجری[۲]- حمدالله مشتاقی بروجنی[۳]- سارا جام بر سنگ[۳]- حسین کیانی[۴]- الهام خلیلی صدرآباد[۵]*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۰۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۸

چکیده

در سال‌های اخیر استفاده از روغن کنجد به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالا و خواص تغذیه‌ای مورد توجه قرار گرفته است. باتوجه به استفاده از روغن استحصالی از دانه کنجد به دو صورت روغن ارده و روغن کنجد، در مطالعه حاضر مقادیر عناصر معدنی در دانه کنجد و روغن استحصالی از آن (روغن ارده و کنجد تصفیه) مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تعیین مواد معدنی، نمونه روغن ارده و روغن کنجد تصفیه از یک نوع دانه کنجد وارداتی تهیه شد. نمونه‌ها با استفاده از هضم به روش مایکروویو در حضور ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ و ۲ میلی‌لیتر آب‌اکسیژنه هضم شد. نمونه‌های هضم شده از فیلتر سر سرنگی ۰/۴۵ میکرومتری عبور داده شد. سپس غلظت فسفر، پتاسیم، آهن، نیکل، کبالت، منگنز، کلسیم و منیزیم در دانه کنجد، روغن ارده و روغن کنجد تصفیه شده هضم شده با استفاده از دستگاه ICP-OES (طیف‌سنج پلاسمای جفت القایی) مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعه حاضر میزان حد تشخیص برای عناصر مورد بررسی شامل منیزیم: ۰/۰۰۰۶۶، منگنز: ۰/۰۰۰۱۳۴، فسفر: ۰/۳۸۴ ، آهن: ۰/۰۰۰۷۹۷، پتاسیم: ۰/۰۰۳۹۴، کلسیم ۰/۰۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، نیکل: ۴ و کبالت: ۰/۵۹۴ میکروگرم بر کیلوگرم بود. براساس نتایج بدست آمده بالاترین مقادیر عناصر معدنی در دانه کنجد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد روغن‌کشی از دانه کنجد منجر به کاهش عناصر معدنی در روغن استحصالی شده است. مقادیر مواد معدنی در دانه کنجد به صورت فسفر> کلسیم> پتاسیم> منیزیم> آهن> منگنز> کبالت> نیکل تخمین زده شد. دیده شد که به استثنای پتاسیم و کلسیم، میزان تمامی عناصر معدنی در روغن ارده بالاتر از روغن کنجد تصفیه شده تخمین زده شد. همچنین مقادیر آهن و نیکل در تمامی نمونه‌های مورد بررسی بالاتر از حد مجاز تخمین شده شد. از آنجایی که بیشتر کنجدهای ایران وارداتی است، به منظور حفظ سلامت مصرف‌کنندگان نظارت بر میزان مواد معدنی ضروری است.

واژه‌های کلیدی: روغن ارده، روغن کنجد، کنجد، عناصر معدنی

مقدمه

چربی‌ها و روغن‌ها حاوی مواد مغذی ضروری برای انسان هستند. در میان بسیاری از عملکردهای متعدد، چربی‌ها منابع انرژی، حامل ویتامین‌های محلول در چربی و اسیدهای چرب ضروری بوده و در بسیاری از پروسه‌های بیوشیمیایی دارای اهمیت هستند (Ghazani *et al*., 2013). کنجد گیاهی از خانواده Pedaliacea بوده که روغن استحصالی از آن یکی از منحصربه‌فردترین و قدیمی‌ترین روغن‌ها محسوب می‌شود (Rahimi *et al*., 2020). روغن استحصالی از دانه

۱، ۲ و ۶- به‌ترتیب دانش‌آموخته، دانشیار و استادیار، مرکز تحقیقات سلامت و ایمنی غذا، گروه بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: khalili.elham@ssu.ac.ir)
۳- استاد، گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۴- دانشیار، مرکز تحقیقات مدل سازی داده‌های سلامت، گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران
۵- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

DOI: 10.22067/ifstrj.2022.76047.1161

کنجد علاوه بر استفاده خوراکی، دارای مصارف صنعتی و دارویی هم می‌باشد. علاوه بر این، برای این روغن‌ها اثرات مفیدی همچون کاهنده کلسترول و فشار خون، محافظت‌کننده کبد، ضدسرطان گزارش شده است (Tenyang *et al.*, 2017). در حال حاضر، در ایران استخراج روغن از دانه کنجد به دو روش سنتی و صنعتی انجام می‌گیرد. روش مرسوم برای استخراج روغن از دانه کنجد در صنعت، روش پرس سرد می‌باشد که همان فشردن دانه روغنی بدون اعمال حرارت می‌باشد. روغن حاصل از پرس سرد عاری از هرگونه افزودنی و یا نگهدارنده‌های شیمیایی بوده و می‌تواند حاوی بیشترین میزان مواد تغذیه‌ای مفید همچون ویتامین E و اسیدهای چرب غیراشباع باشد (Martínez *et al.*, 2017). در روش سنتی، معمولا از ارده برای تولید روغن کنجد استفاده می‌کنند. ارده فرآورده‌ای است مایع که پس از طی مراحل پوست‌گیری، بو دادن و آسیاب کردن دانه کنجد، به دست می‌آید. در این روش ارده با آب نیمه گرم مخلوط شده و روغن از ارده جدا می شود. در انتها با استفاده از پرس سعی می‌شود حداکثر روغن استخراج شود (INSO, 2016). مراحل مختلف فراوری دانه‌های روغنی و فرایندهای تصفیه همگی سبب ایجاد تغییراتی در روغن استحصالی شده که این تغییرات در مواردی منجر به بهبود کیفیت و در مواردی نیز ممکن است کاهش کیفیت محصول را به همراه داشته باشد (Kheirati Rounizi *et al.*, 2021). اکسیداسیون چربی یکی از عمده‌ترین مشکلات صنعت روغن است که می‌تواند بر روی زمان ماندگاری محصول تاثیر منفی داشته باشد. اکسیداسیون روغن تحت تاثیر عوامل متعددی همانند میزان اسیدهای چرب غیر اشباع، فعالیت آنزیمی، ترکیبات معدنی (مواد معدنی و فلزات) و حضور آنتی اکسیدان‌های طبیعی است (Tenyang *et al.*, 2017). مطالعات متعددی نشان داده است که نحوه فرآوری دانه کنجد و همچنین نحوه تهیه روغن از دانه کنجد می‌تواند بر خصوصیات محصول نهایی موثر باشد (Makinde and Akinoso, 2013, Tenyang *et al.*, 2017). همانطور که بیان شد، یکی از عوامل مهم در کیفیت محصول نهایی، مقادیر ترکیبات و مواد معدنی در روغن می‌باشد. امروزه در جوامع صنعتی، حضور فلزات یکی از مسائل بهداشتی و زیست‌محیطی را تشکیل می‌دهد. حضور فلزات در روغن‌های گیاهی علاوه بر خاک، کود و آب مورد استفاده در کشاورزی، از طریق آلودگی در طول تکنیک‌های زراعی تولید و جمع‌آوری دانه‌ها، در طی فرایند استخراج و تیمار روغن و همچنین سیستم‌ها و مواد بسته‌بندی و ذخیره‌سازی هم رخ می‌دهد (Farzin and Moassesi, 2014, Pehlivan *et al.*, 2008). همچنین ممکن است فلزات در طول فرایند تولید (در عملیات رنگ‌بری، تصفیه و بی بوسازی) و همچنین از طریق تجهیزات فلزی مورد استفاده در طی فرآوری، وارد روغن شده و در نتیجه در روغن به حالت معلق وجود داشته باشند (De Leonardis *et al.*, 2000).

عناصر ضروری همانند مس، روی، آهن، منگنز و نیکل در غلظت های پایین برای بدن ضروری هستند و چنانچه مقادیر این مواد از حد قابل قبول تجاوز کند می‌تواند اثرات نامطلوب ایجاد کند. بنابراین تازگی، قابلیت ذخیره‌سازی، کیفیت روغن و مشکلات بهداشتی روغن می‌تواند از طریق تعیین مقادیر عناصر ضروری مشخص گردد (Ramezani *et al.*, 2021). از آنجا که در سال‌های اخیر تمایل مردم به مصرف روغن های خام و بدون تصفیه بیشتر شده است، بنابراین بررسی کیفیت و سلامت این روغن‌ها می‌تواند در نیل به اهداف بهداشتی جامعه مؤثر بوده و به‌طور مستقیم بر سلامت افراد تأثیر مثبت داشته باشد. از طرف دیگر مصرف روغن کنجد استحصال‌شده از ارده نیز در سبد غذایی خانوارهای ایرانی در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته و ارائه تفاوت‌های علمی و منطقی در انتخاب بین این روغن‌ها موضوع مهمی در بین خانواده‌ها می‌باشد. بنابراین، هدف تحقیق حاضر، بررسی مقادیر مواد معدنی نیکل، منیزیم، منگنز، فسفر، کبالت، آهن، پتاسیم و کلسیم در دانه کنجد و روغن استحصالی به صورت ارده و کنجد تصفیه شده است.

مواد و روش‌ها

تجهیزات و مواد مورد نیاز: دانه کنجد، آب دیونیزه (دوبار تقطیر)، اسید نیتریک غلیظ (۶۵ درصد)، آب اکسیژنه، دستگاه هضم مایکروویو، فیلتر سر سرنگی، دستگاه ICP-OES.

تهیه نمونه روغن ارده: ابتدا دانه کنجد بوجاری شده و سپس در آب خیسانده و بعد از گذشت مدتی که رطوبت در سطح پوست یکنواخت شد، کنجدها وارد دستگاه پوست‌کنی و سپس در حوض‌های آب‌نمک ریخته شدند. در نهایت کنجد در دستگاهی برشته و آماده ورود به آسیاب شدند. در دستگاه آسیاب کنجدهای بو داده‌شده، له‌شده و به شکل ارده درآمدند. سپس به ازای صد کیلوگرم ارده حدود ۲۲ لیتر آب نیم گرم به داخل مخلوط‌کن اضافه و حدود یک ساعت اختلاط انجام گردید. سوسپانسیون جامد در آب ارده شکسته و روغن جدا و با استفاده از پرس، روغن جداسازی شد (INSO, 2016).

تهیه روغن کنجد: کنجدها در ابتدا بوجاری و سپس وارد دستگاه کلدپرس گردیدند. در این دستگاه روغن کنجد تحت‌فشار وارده و در درجه حرارت پایین استخراج و تصفیه شد (INSO, 2014).

هضم نمونه‌ها با دستگاه مایکروویو: روغن ارده و روغن کنجد تصفیه شده جمع‌آوری شده و به‌منظور هضم نمونه‌ها، ۰/۵ گرم نمونه روغن هموژن درون ظرف تفلونی مخصوص مایکروویو ریخته شد. ظرف حاوی نمونه در زیر هود قرار داده‌شده و سپس ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ و ۲ میلی‌لیتر آب‌اکسیژنه بر روی آن افزوده شد. در ادامه

نمونه‌ها جهت انجام عمل هضم داخل مایکروویو قرار داده شد. برنامه هضم نمونه‌های مایکروویو به صورت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد، ۵ دقیقه در ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد، ۵ دقیقه در ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۰ دقیقه در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد اعمال گردید. پس از عملیات هضم، محلول حاصل در لوله‌های فالکون اسیدواش شده ریخته و با استفاده از آب مقطر به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد و سپس جهت تزریق به دستگاه ICP-OES (طیف‌سنج پلاسمای جفت القایی) انتقال داده شد (Zhu *et al.*, 2011, Kheirati Rounizi *et al.*, 2021).

قرائت عناصر معدنی با ICP-OES: نمونه‌های هضم شده از فیلتر سر سرنگی ۰/۴۵ میکرومتری عبور داده شد و سپس به دستگاه ICP-OES تزریق شد تا بر اساس میزان جذب نوری در طول‌موج‌های مختلف مقادیر فلزات را اندازه‌گیری نماید (Khalili Sadrabad *et al.*, 2018).

آنالیز داده‌ها: داده‌ها پس از جمع‌آوری وارد نرم‌افزار SPSS ۲۲ شده و با استفاده از شاخص‌های توصیفی، میانگین، میانه، انحراف معیار و دامنه تغییرات توصیف شد. برای بررسی تأثیر روش‌های روغن‌گیری بر کاهش و افزایش هر یک از متغیرهای مورد بررسی از آنالیز کوواریانس ANCOVA استفاده شد.

نتایج و بحث

حضور مواد معدنی برای فعالیت تعدادی از آنزیم‌ها به منظور بهبود عملکرد بیولوژیکی بدن، ضروری هستند. پایداری زندگی به توانایی بدن برای ایجاد تعادل بین مواد معدنی مختلف وابسته است (Ozkan and Kulak, 2013). حضور فلزات در روغن‌های خوراکی شاخصی مهم در تعیین کیفیت روغن می‌باشد. روغن‌های گیاهی ممکن است حاوی یون های فلزی همچون آهن، مس، روی و سرب باشند که می‌توانند به عنوان پیش اکسیدان عمل کنند (Szydłowska-Czerniak *et al.*, 2013, Ramezani and Rezaei, 2018). بنابراین، حضور بیش از حد مواد معدنی در روغن تهیه شده از گیاهان می تواند منجر به تسریع واکنش های اکسیداتیو در روغن شده و علاوه بر کاهش کیفیت روغن، بر روی سلامت مصرف کننده اثر مضر داشته باشد (Sedaghat Boroujeni *et al.*, 2017). گیاهان در طی رشد در خاک، آبیاری با پساب کارخانجات، آلودگی در تکنیک‌های زراعی تولید و جمع‌آوری دانه‌هامی‌توانند فلزات سنگین و مواد معدنی را جذب کنند. اهمیت آلودگی دانه‌های روغنی به فلزات می‌تواند به دلیل کاربرد خوراکی مستقیم، استفاده در فرمول‌های غذایی و انتقال به روغن‌های خوراکی باشد. روغن‌های حاصل از گیاهان علاوه بر موارد ذکرشده، در طول فرآیندهای استخراج (رنگ‌بری و تصفیه و بی‌بو کردن) و تیمار روغن، همچنین آلودگی تجهیزات فرآوری، بسته‌بندی و ذخیره‌سازی ممکن است به فلزات آلوده شوند.

در مطالعه حاضر میزان حد تشخیص یا LOD[1] برای عناصر مورد مطالعه شامل نیکل: ۴ میکروگرم بر کیلوگرم، منیزیم: ۰/۰۰۰۶۶ میلی گرم بر کیلوگرم، منگنز: ۰/۰۰۰۱۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم، فسفر: ۰/۳۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم، کبالت: ۰/۵۹۴ میکروگرم بر کیلوگرم، آهن: ۰/۰۰۰۷۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم، پتاسیم: ۰/۰۰۳۹۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم، کلسیم ۰/۰۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می شود، میزان املاح مختلف در دانه کنجد بیشتر از روغن ارده و تصفیه شده بوده و این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار ($p<0.05$) می‌باشد. بیشترین میزان ماده معدنی به مقدار ۱۵۰۶۰/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم مربوط به فسفر در دانه کنجد بوده و کمترین میزان املاح مربوط به منیزیم در روغن تصفیه شده و کلسیم در روغن ارده و روغن کنجد است که کمتر از LOD دستگاه تخمین زده شده است. به استثنای پتاسیم و کلسیم، میزان تمامی عناصر معدنی در روغن ارده بالاتر از روغن کنجد تصفیه شده تخمین زده شد.

مقادیر مواد معدنی در دانه کنجد به صورت فسفر > کلسیم > پتاسیم > منیزیم > آهن > منگنز > کبالت > نیکل تخمین زده شد. در مطالعه تنیانگ و همکاران (Tenyang *et al.*, 2017) بیشترین میزان ماده معدنی در نمونه‌های دانه کنجد را کلسیم و سپس پتاسیم، فسفر و منیزیم گزارش شد. در تحقیق انزیکو و همکاران (Nzikou JM, 2010) بیشترین مواد معدنی در دانه کنجد خام به ترتیب پتاسیم، فسفر، منیزیم، کلسیم و سدیم گزارش شد. در مطالعه الیمنی و همکاران بیشترین میزان ترکیبات معدنی در دانه کنجد کشت شده در عربستان سعودی، کلسیم، فسفر و آهن گزارش شد. در تحقیق محمد و همکاران (Mohammed and Hassan, 2018) بیان شد که در مناطق جغرافیایی مختلف پتاسیم، کلسیم، فسفر، منیزیم، منگنز و آهن ترکیبات معدنی اصلی در کنجد است. همانطور که مشاهده می‌شود، در مطالعه حاضر، بیشترین میزان مواد معدنی در دانه کنجد است.

دانه کنجد منبع خوبی از مواد معدنی نظیر کلسیم، فسفر، پتاسیم و آهن است. دانه‌های کنجد حاوی ۴ تا ۶ درصد مواد معدنی بوده که از این میان مقدار ۱ درصد آن کلسیم و ۷ درصد فسفر می‌باشد. کلسیم در دانه کنجد، بیشتر در پوست دانه وجود داشته و با پوست‌گیری از دست می‌رود (Mbaebie *et al.*, 2010). در مطالعه حاضر، میزان کلسیم در نمونه‌های روغن ارده و روغن کنجد کمتر از دانه کنجد تخمین زده شد. این کاهش در روغن ارده می‌تواند به از دست رفتن کلسیم در طی پوست‌گیری نسبت داده شود. دیده‌شده است که صمغ‌زدایی آنزیمی

1- Limit of Detection

بهترین نوع فرآوری موجود برای کاهش میزان فسفر روغن‌های گیاهی به کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است (Lamas *et al.*, 2014). مقادیر پتاسیم، منیزیوم، فسفر، آهن، مس، روی و منگنز در دانه کنجد خام به‌ترتیب ۵۲۵/۹، ۳۴۹/۹، ۵۱۶، ۱۱/۳۹، ۲/۱۵، ۸/۸۷، ۳/۴۶ میلی گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک تخمین زده شد (Elleuch *et al*., 2007).

زو و همکاران (Zhu *et al*., 2011)، مقادیر فلزات مس، روی، آهن، منگنز، کادمیوم، نیکل، سرب و آرسنیک را در نه نوع روغن گیاهی مصرفی در چین بررسی نمودند.

جدول ۱- میانگین مواد معدنی در کنجد، روغن ارده و کنجد تصفیه شده برحسب mg/kg

Table 1- concentration of mineral elements in sesame seed, Ardeh and refined sesame oil (mg/kg)

مواد معدنی Mineral elements	دانه کنجد Sesame seed	روغن ارده Ardeh oil	روغن کنجد تصفیه Refined sesame oil
(Mg) منیزیم	3331.5 ± 36.9[a]	3.03 ±0.4[b]	>0.00066[c]
(Mn) منگنز	26.3 ± 3.6[a]	0.3 ± 0.1[b]	0.32 ± 0.05[b]
(P) فسفر	15060.9 ± 877.4[a]	60.42 ± 4.9[b]	40.15 ± 3.01[c]
(Ni) نیکل	4.82 ± 0.24[a]	2.95 ± 0.86[b]	2.73 ± 0.23[b]
(K) پتاسیم	8921.8 ± 149.6[a]	6.4 ± 1.04[b]	13.15 ± 2.18[c]
(Fe) آهن	109.9 ± 35.11[a]	15.4 ± 1.4[b]	7.8 ± 2.1[c]
(Co) کبالت	24.71 ± 8.87[a]	3.38 ± 0.5[b]	1.68 ± 0.47[c]
(Ca) کلسیم	9663.37 ± 28.35[a]	> 0.005[b]	> 0.005[b]

LOD : نیکل: ۴ ppb، منیزیم: ppm ۰/۰۰۰۶۶، منگنز: ppm ۰/۰۰۰۱۳۴، فسفر: ppm ۰/۳۸۴، کبالت: ppb ۰/۵۹۴، آهن: ppm ۰/۰۰۰۷۹۷، پتاسیم: ppm ۰/۰۰۳۹۴، کلسیم ۰/۰۰۵ ppm

LOD: Ni: 4 ppb, Mg: 0.00066 ppm, Mn: 0.000134 ppm, P: 0.384 ppm, Co: 0.594 ppb, Fe: 0.000797 ppm, K: 0.00394 ppm, Ca: 0.005 ppm.

حروف نامتشابه در هر ردیف بیان کننده معنی داری در سطح ۵ درصد است.

Different letters in each row indicated the significantly at 0.05 level.

مقادیر فلزات مس، روی، آهن، منگنز، نیکل، سرب و آرسنیک در روغن کنجد مورد بررسی در مطالعه این محققان به ترتیب در محدوده ۰/۰۲۸ تا ۰/۰۳۹، ۰/۷۸۹ تا ۰/۸۸۳، ۳۷/۹ تا ۳۸/۵، ۰/۱۷۱ تا ۰/۰۶۶/۱۸۴، ۰/۰۷۵ تا ۰/۰۱۴، ۰/۰۱۸ و ۰/۰۱۵ تا ۰/۰۱۹ میلی گرم در کیلوگرم و کادمیوم ۵/۲۷ تا ۵/۴۴ میکروگرم بر کیلوگرم گزارش شد (Zhu *et al*., 2011). سعید و همکاران (Saeed *et al*., 2015) به بررسی خصوصیات شیمیایی چند گونه مختلف کنجد پرداختند. مقادیر فلزات و عناصر معدنی انواع کنجد در مطالعه این محققان به میزان کلسیم: ۴۵۱/۶۷ تا ۷۰۳/۳۳، آهن: ۲/۱۶ تا ۷/۵۳، منیزیم: ۳۶۶/۶ تا ۵۶۶/۶، روی: ۰/۵۶ تا ۰/۷۶، فسفر: ۴۷۴۲/۷ تا ۶۱۹۶/۷ و پتاسیم: ۴۲/۵۰ تا ۵۳/۶۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شد (Saeed *et al*., 2015).

منگنز کوفاکتور بسیاری از آنزیم ها در بدن همانند آرژیناز، پیروات کربوکسیلاز، سوپراکسید دیس موتاز، پپتیداز و ایزوسیترات دهیدروژناز است که برای تشکیل استخوان، عملکرد درست تولید مثل و سیستم عصبی لازم است (Sani *et al*., 2013). در مطالعه حاضر، میزان منگنز در دانه کنجد ۲۶/۳ میلی گرم بر کیلوگرم تخمین زده شد که این میزان در روغن کنجد و روغن ارده به شدت کاهش یافته است.

آهن از آلاینده‌های معمول روغن محسوب می‌شوند که نقشی مهمی در تسریع تنزل کیفیت روغن دارد (Lamas *et al*., 2016). آهن از عناصر ضروری است که در صورت بالا رفتن از حد مجاز استاندارد می تواند منجر به اختلال در سیستم فیزیولوژیکی بدن شود (Abu-Almaaly, 2019). در مطالعه حاضر میزان آهن در نمونه های کنجد، روغن ارده و روغن کنجد تصفیه بترتیب ۱۰۹/۹، ۱۵/۴ و ۷/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد. براساس استاندارد سازمان کدکس میزان مجاز آهن در روغن‌های گیاهی ۱/۵ و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌ترتیب در روغن تصفیه و روغن خام تخمین زده شده است (Commission, 1999). همانطور که مشاهده می‌شود، مقادیر آهن در نمونه‌های روغن در مطالعه حاضر بالاتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان کدکس تخمین زده شد. برخلاف نتایج حاصل، میزان آهن در نمونه‌های دانه

کنجد در مطالعه ابوالمعالی در محدوده مجاز گزارش گردید (Abu-Almaaly, 2019). حضور آهن در روغن به دلیل وجود طبیعی آهن در دانه‌های روغنی به‌صورت متصل با فسفولیپیدها و دیگر ترکیبات معدنی و همچنین احتمال آلودگی از طریق تجهیزات فلزی است (Lamas *et al*., 2016).

نیکل از دیگر فلزاتی است که می‌تواند سبب ایجاد آلرژی در افراد حساس شود. برخی عناصر همانند مس، روی، آهن، نیکل، منیزیوم، منگنز و کلسیم در مقادیر کم برای بقای موجودات زنده لازم است. این فلزات در غلظت‌های بالا می‌توانند سمی باشند. اگرچه حضور مقادیر اندک فلزات سنگین در روغن‌های گیاهی، باعث تنزل کیفیت روغن‌ها می‌شود (Farzin and Moassesi, 2014). مقدار مجاز نیکل در روغن و محصولات روغنی بر اساس استاندارد چین ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم تخمین زده‌شده است (China, 2014). براساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، مقادیر نیکل در نمونه‌های روغن ارده و کنجد تصفیه بالاتر از حد مجاز استاندارد چین گزارش شد.

الگوی مواد معدنی در روغن ارده به صورت فسفر > آهن > پتاسیم > کبالت > منیزیم > نیکل > منگنز > کلسیم بود. میزان مواد معدنی در روغن کنجد تصفیه بر طبق روند فسفر > پتاسیم > آهن > نیکل > کبالت > منگنز > کلسیم > منیزیم گزارش شد. در بررسی ثانی و همکاران بیشترین مواد معدنی اندازه‌گیری شده در نمونه‌های روغن دانه کنجد سفید به‌ترتیب به صورت آهن، روی، پتاسیم، سدیم، مس و منگنز گزارش شد (Sani *et al*., 2013). الگوی کاهش میزان فلزات کبالت، آهن، نیکل و فسفر در روغن‌های مورد مطالعه به صورت روغن کنجد تصفیه کمتر از روغن ارده گزارش شد. بنابراین می‌توان گفت که فرآیند تصفیه کارایی مناسبی در کاهش این مواد داشته است. در این مطالعه فراوان‌ترین ماده معدنی در روغن کنجد، کلسیم گزارش شد که در محدوده ۳/۰۲ تا ۹/۶۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. محدوده ترکیبات معدنی فسفر، منیزیم، منگنز، پتاسیم، آهن، روی، مس و کادمیوم در روغن کنجد به‌ترتیب ۱/۱۴–۳/۹۴، ۰/۸۱–۴/۷۴، ۰/۰۱–۰/۱۲، ۰/۸۲–۴/۲۵، ۰/۰۴–۰/۲۵، ۰/۰۱–۰/۰۲، ۰/۱۵–۰/۳۹ و ۰/۰۱–۰/۱۱ اندازه‌گیری گردید. در مطالعه لاماس و همکاران (Lamas *et al*., 2014) مقدار فلزات فسفر، آهن، مس، کلسیم و منیزیوم در روغن آفتابگردان خام به‌ترتیب ۴۷۴/۷، ۸/۳۷، ۳/۴۱، ۹۵/۳۴ و ۱۰۵/۰۴ میلی گرم بر کیلوگرم تخمین زده شد. نتایج تحقیق حاضر تا حدودی با گزارش‌های محققان دیگر همخوانی دارد و وجود تفاوت‌های اندک در مقادیر اندازه‌گیری شده را می‌توان به اختلاف‌های ژنتیکی سویه‌های کنجد و همچنین شرایط منطقه‌ای رشد دانه کنجد (شرایط خاک، آب‌وهوا) نسبت داد. در مطالعه کمال الدین و همکاران (Kamal-Eldin and Appelqvist, 1995) که به بررسی تأثیر پوست‌گیری و روش‌های مختلف استخراج در پایداری روغن پرداخته بود، مقادیر فلزات مس و آهن در نمونه‌های روغن حاصل از پرس (دانه کامل کنجد) به ترتیب ۰/۰۶ و ۱/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم تخمین زده شد. مقادیر مس و آهن در مطالعه حاضر بسیار بالاتر از مطالعه کمال الدین و همکاران (۱۹۹۵) اندازه‌گیری شد. مقدار سرب، مس، روی، کادمیوم در دانه کنجد به‌ترتیب در محدوده ۰/۵ تا ۱/۹، ۵/۳ تا ۳/۸، ۲۰/۴ تا ۲۶/۲و ۰/۰۴ تا ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شد. آنجلووا و همکاران (Angelova *et al*., 2005) به بررسی تجمع فلزات سنگین و توزیع آن‌ها در دانه‌های روغنی رشد یافته در فاصله ۰/۵ تا ۱۵/۵ کیلومتری منبع آلودگی پرداختند. در این مطالعه دانه کلزا و آفتابگردان و روغن‌های حاصل از آن‌ها از نظر حضور فلزات مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد که در طی فرآوری دانه کلزا و آفتابگردان برای تهیه روغن مقادیر زیادی از فلزات از دانه به روغن منتقل نمی‌شود (Angelova *et al*., 2005). مقادیر فلزات کلسیم، آهن، پتاسیم، منیزیم و روی در روغن کنجد به ترتیب ۰/۲، ۱۴/۸، کمتر از ۰/۳، ۳/۷، ۳/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم ارزیابی شد (Cindric *et al*., 2007). نتایج نشان دادند که آب‌وهوا بر روی محتوا و ترکیبات شیمیایی روغن کنجد مؤثر است (Mohammed *et al*., 2018). بیان شده است که یون‌های فلزی در روغن می‌توانند به صورت کمپلکس‌های احاطه شده توسط پروتئین‌ها، فسفولیپیدها، لیپیدها یا حامل‌های غیرلیپیدی یا به صورت جامدات معلق در روغن باشند. بنابراین در طی انجام فرآیند تصفیه روغن، رسوب فسفولیپیدها می‌تواند همزمان منجر به حذف کمپلکس‌های فلزی شود (Szydłowska-Czerniak *et al*., 2013). در بررسی حاضر، الگوی تغییر فلزات پتاسیم و منگنز در روغن‌های تولیدی مشابه با هم و به‌صورت روغن کنجد تصفیه بیشتر از روغن ارده بود.

نتیجه‌گیری

حضور یون‌های فلزی در روغن‌های خوراکی شاخصی مهم در تعیین کیفیت روغن می‌باشد. یون‌های فلزی می‌توانند تجزیه هیدروپروکسیدها را به رادیکال‌های آزاد و ترکیبات ثانویه اکسیداسیون (آلدهیدها، کتون‌ها، اسیدها و اپوکسیدها) کاتالیز کنند. بنابراین این فلزات می‌توانند پروسه اکسیداسیون زنجیره اسیدهای چرب را تسریع کرده و در نتیجه روی ماندگاری و ارزش تغذیه‌ای روغن بدست آمده اثر منفی داشته باشند. همانطور که بررسی حاضر نشان داد، در میان مواد معدنی مورد بررسی، فسفر بیشترین ترکیب معدنی موجود در دانه کنجد، روغن ارده و روغن کنجد تصفیه تخمین زده شد. روغن کنجد تصفیه شده نسبت به دانه کنجد و روغن ارده حاوی مقادیر کمتری مواد معدنی (به استثنای پتاسیم و منگنز) بود. در مطالعه حاضر مقادیر آهن و نیکل به‌ترتیب بالاتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان کدکس و

اداره استاندارد چین اندازه‌گیری شد. باید توجه داشت از آنجا که دانه کنجد قادر به تجمع فلزات می‌باشد، بنابراین بررسی شرایط و خاک منطقه‌ای که کنجد در آن کشت‌شده از نظر حضور آلاینده‌ها و بررسی کیفیت کنجدهای وارداتی، پیش از تهیه روغن الزامی است. همچنین قابل ذکر است که در سال‌های اخیر، تمایل مردم به مصرف روغن استحصالی از کنجد به صورت خام یا روغن ارده بیشتر شده است، بنابراین اطلاع‌رسانی به مردم جهت انتخاب صحیح روغن برای مصرف ضروری به نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد به خاطر حمایت‌های مالی و آزمایشگاه بهداشت و ایمنی مواد غذایی جهت همکاری اعلام می‌دارند.

منابع

1. Abu-Almaaly, R.A. (2019). Estimate the contamination by some heavy metals in sesame seeds and Rashi product that available in local markets. *Plant Archives*, *19*, 3217-3222.
2. Angelova, V., Ivanova, R., & Ivanov, K. (2005). Heavy metal accumulation and distribution in oil crops. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 35*, 2551-2566. https://doi.org/10.1081/LCSS-200030368
3. China, S.O. (2014). China's Maximum Levels for Contaminants in Foods.
4. Cindric, I.J., Zeiner, M., & Steffan, I. (2007). Trace elemental characterization of edible oils by ICP–AES and GFAAS. *Microchemical Journal*, *85*, 136-139. https://doi.org/10.1016/j.microc.2006.04.011
5. Commission, C.A. (1999). SECTION 2. *Codex standards for fats and oils from vegetable sources*.
6. De Leonardis, A., Macciola, V., & De Felice, M. (2000). Copper and iron determination in edible vegetable oils by graphite furnace atomic absorption spectrometry after extraction with diluted nitric acid. *International Journal of Food Science & Technology*, *35*, 371-375. https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2000.00389.x
7. Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C., & Attia, H. (2007). Quality characteristics of sesame seeds and by-products. *Food Chemistry*, *103*, 641-650. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.008
8. Farzin, L., & Moassesi, M.E. (2014). Determination of metal contents in edible vegetable oils produced in Iran using microwave-assisted acid digestion. *Journal of Applied Chemical Research*, *8*, 35-43.
9. Ghazani, S.M., García-Llatas, G., & Marangoni, A.G. (2013). Minor constituents in canola oil processed by traditional and minimal refining methods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *90*, 743-756.
10. INSO. (2014). *Edible fats and oils – Refined Sesame oil-Specifications and Test methods*. Iranian National Standardization Organization, 2nd. Revision.
11. INSO. (2016). *Tahini - Specifications and test methods*. Iranian National Standardization Organization, 2nd . Revision.
12. Kamal-Eldin, A., & Appelqvist, L.-Å. (1995). The effects of extraction methods on sesame oil stability. *Journal of the American Oil Chemists' Society, 72*, 967-969.
13. Khalili Sadrabad, E., Moshtaghi Boroujeni, H., & Heydari, A. (2018). Heavy metal accumulation in soybeans cultivated in Iran, 2015-2016. *Journal of Nutrition and Food Security*, *3*, 27-32. http://jnfs.ssu.ac.ir/article-1-126-en.html
14. Kheirati Rounizi, S., Akrami Mohajeri, F., Moshtaghi Broujeni, H., Pourramezani, F., Jambarsang, S., Kiani, H. & Khalili Sadrabad, E. (2021). The chemical composition and heavy metal content of sesame oil produced by different methods: A risk assessment study. *Food Science & Nutrition*, 9: 2886–2893 https://doi.org/10.1002/fsn3.2245
15. Lamas, D.L., Constenla, D.T., & Raab, D. (2016). Effect of degumming process on physicochemical properties of sunflower oil. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *6*, 138-143. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.03.007
16. Lamas, D.L., Crapiste, G.H., & Constenla, D.T. (2014). Changes in quality and composition of sunflower oil during enzymatic degumming process. *LWT-Food Science and Technology*, *58*, 71-76. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.024
17. Makinde, F., & Akinoso, R. (2013). Nutrient composition and effect of processing treatments on anti nutritional factors of Nigerian sesame (*Sesamum indicum* Linn) cultivars. *International Food Research Journal*, 20.
18. Martínez, M.L., Bordón, M.G., Lallana, R.L., Ribotta, P.D., & Maestri, D.M. (2017). Optimization of sesame oil extraction by screw-pressing at low temperature. *Food and Bioprocess Technology*, *10*, 1113-1121. https://doi.org/10.1007/s11947-017-1885-4
19. Mbaebie, B., Omosun, G., Uti, A., & Oyedemi, S. (2010). Chemical composition of *Sesamum indicum* L. (Sesame) grown in Southeastern Nigeria and the physicochemical properties of the seed oil. *Seed Science and Biotechnology*, *4*, 69-72.

20. Mohammed, F., Abdulwali, N., Guillaume, D., Tenyang, N., Ponka, R., Al-Gadabi, K., Bchitou, R., Abdullah, A.H., & Naji, K.M. (2018). Chemical composition and mineralogical residence of sesame oil from plants grown in different Yemeni environments. *Microchemical Journal, 140*, 269-277. https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.04.011
21. Mohammed, N.A., & Hassan, S. (2011). Physico-chemical analysis and mineral composition of some sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) grown in the Gizan area of Saudi Arabia. *Journal of Medicinal Plants Research, 5*, 270-274.
22. Nzikou Jm, M.-T. M., Ndangui, Cb., Pambou-Tobi, Np., Kimbonguila, A., Loumouamou, B., Silou, Th., & Desobry, S. (2010). Characterization of seeds and oil of sesame (*Sesamum indicum* L.) and the kinetics ofdegradation of the oil during heating. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 10*, 227-32.
23. Ozkan, A., & Kulak, M. (2013). Effects of water stress on growth, oil yield, fatty acid composition and mineral content of *Sesamum indicum. Journal Animal Plant Science, 23*, 1686-90.
24. Pehlivan, E., Arslan, G., Gode, F., Altun, T., & Özcan, M.M. (2008). Determination of some inorganic metals in edible vegetable oils by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES). *Grasas y Aceites, 59*(2), 239-44. https://doi.org/10.3989/gya.2008.v59.i3.514
25. Rahimi, M., Gharachorloo, M., & Ghavami, M. (2020). Determination of some antinutritional factors and heavy metals in sesame oil, raw and peeled sesame (*Sesamum indicum* L.) seed of two varieties cultivated in Iran. *Food Science and Technology, 17*(16), 181-189. http://fsct.modares.ac.ir/article-7-33625-en.html
26. Ramezani, M., Hashemi, M., Varidi, M., & Rezaie, M. (2021). Health risk assessment and determination of heavy metals in sesame oils. *Journal of Nutrition, Fasting and Health, 9*, 342-352. https://doi.org/10.22038/JNFH.2021.61727.1365
27. Ramezani, M., & Rezaei, M. (2018). Physicochemical properties, heavy metals and aflatoxin in sesame oil: A review study. *Journal of Nutrition, Fasting and Health, 6*, 45-51. https://doi.org/10.22038/jnfh.2018.33801.1128
28. Saeed, F., Qamar, A., Nadeem, M. T., Ahmed, R. S., Arshad, M.S., & Afzaal, M. (2015). Nutritional composition and fatty acid profile of some promisingsesame cultivars. *Pak. Journal Food Science, 25*, 98-103.
29. Sani, I., Sule, F. A., Warra, A. A., Bello, F., Fakai, I.M., & Abdulhamid, A. (2013). Phytochemicals and mineral elements composition of white *Sesamum indicum* L. seed oil. *International Journal of Traditional and Natural Medicines, 2*, 130.
30. Sedaghatboroujeni, L., Hojjatoleslamy, M., & Gharachorloo, M. (2017). The effect of purification process on heavy metals in soyabean oil. *Journal of Food Technology and Nutrition, 15*, 35-44.
31. Szydłowska-Czerniak, A., Trokowski, K., Karlovits, G.R., & Szłyk, E. (2013). Spectroscopic determination of metals in palm oils from different stages of the technological process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61*, 2276-2283. https://doi.org/10.1021/jf305094s
32. Tenyang, N., Ponka, R., Tiencheu, B., Djikeng, F.T., Azmeera, T., Karuna, M.S., Prasad, R.B., & Womeni, H.M. (2017). Effects of boiling and roasting on proximate composition, lipid oxidation, fatty acid profile and mineral content of two sesame varieties commercialized and consumed in Far-North Region of Cameroon. *Food Chemistry, 221*, 1308-1316. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.025
33. Zhu, F., Fan, W., Wang, X., Qu, L., & Yao, S. (2011). Health risk assessment of eight heavy metals in nine varieties of edible vegetable oils consumed in China. *Food and Chemical Toxicology, 49*, 3081-3085. https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.09.019